



Teilbericht Querung Pressung-04

Geotechnischer Bericht

Querung Pressung-04, Lokation Q046 – Q047

km 15,43 – km 15,50 (inkl. Start- und Zielgrube)

Geschlossene Querung (Bohrpressung)

362-19-016-21 04 | 30 April 2021

N.V. Nederlandse Gasunie

gasunie

Dokumentenkontrolle

Dokumenteninformation

Projektbezeichnung	BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"
Dokumententitel	Teilbericht Querung Pressung-04
Fugro Projekt-Nr.	362-19-016
Fugro Dokument-Nr.	362-19-016-21
Version-Nr.	04
Status	Revision 04

Auftraggeberinformation

Auftraggeber	N.V. Nederlandse Gasunie
Adresse Auftraggeber	Concourslaan 17, 9727 KC Gronigen, Nederland
Kontakt Auftraggeber	Marc Klotz (GME)
Auftraggeber Dokumenten-Nr.	ausstehend

Revisionshistorie

Version	Datum	Status	Kommentar	Erstellt durch	Checked durch	Genehmigt durch
00	15.05.20	Entwurf		FU	GS	KG
01	28.10.20	rev01		RZ	FU	KG
02	12.11.20	rev02		RZ	FU	KG
03	23.03.21	rev03		RZ	FU	KG
04	30.04.21	rev04		RZ	FU	KG

Projektteam

Initialen	Name	Rolle
CP	Christian Peter	Projektleiter
RZ	Ralf Zielasko	Senior Ingenieur Geotechnischer Bericht
FU	Falk Ulbricht	Senior Ingenieur Geotechnischer Bericht
JE	Jana Enhardt	Datenmanagement / GIS

Contents

Dokumentenkontrolle	ii
Dokumenteninformation	ii
Auftraggeberinformation	ii
Revisionshistorie	ii
Projektteam	ii
Contents	i
Tabellen	ii
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2. Grundlagen	1
2.1 Allgemeine vertragspezifische Unterlagen	1
2.2 Objektspezifische fachtechnische Grundlagen	1
3. Beschreibung zum Bauvorhaben	3
3.1 Standortsituation und Morphologie	3
4. Durchgeführte Untersuchungen	3
4.1 Geländeuntersuchungen	3
4.1.1 Direkte Aufschlüsse	3
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	4
4.3 Chemische Laboruntersuchungen	4
5. Untersuchungsergebnisse	5
5.1 Regionalgeologische Situation	5
5.2 Untergrundaufbau	5
5.3 Bodenmechanische Feld- und Laboruntersuchungen	5
5.4 Organoleptische Ansprache und chemische Analytik	6
5.5 Grundwasser	6
6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse	7
6.1 Baugrundmodell / Homogenbereiche	7
6.1.1 Wassergehalt und Konsistenz	7
6.1.2 Glühverlust	7
6.1.3 Kalkgehalt	7
6.1.4 Sulfatgehalt, Betonangriff und Stahlkorrosivität	8
6.1.5 Korngrößenverteilung	8
6.2 Zusammenstellung der Bodenmechanischen Kennwerte	9
6.3 Bautechnische Klassifizierung (Homogenbereiche)	10
7. Folgerungen und Bautechnische Empfehlungen	13
7.1 Rohrvortrieb	13
7.1.1 Allgemeine Angaben und Annahmen	13

7.1.2	Verfahren	14
7.1.3	Setzungsprognose infolge Rohrvortrieb	15
7.2	Beweissicherung	16
7.3	Fremdleitungen	16
7.4	Press- und Zielgrube	17
7.4.1	Grubenverbau	18
7.4.2	Baugrubensohle und Wasserhaltungsmaßnahmen	19
7.4.3	Bodenaushub (Lösbarkeit und Wiederverwendbarkeit)	20
7.4.4	Baugrubenverfüllung	20
8. Bemerkungen		22
Anlage A Aufschlussdokumentation		0
A.0	Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole	1
A.1	Aufschlussdokumentation	1
A.1.1	Bohrprofile	1
A.1.2	Drucksondierungsprofile	1
A.2	Geologischer Schnitt	1

Tabellen

Tabelle 5.1: Erkundungsaktuelle Grundwasserstände (GW)	6
Tabelle 6.1: Wassergehalt und Konsistenz DIN EN ISO 17892-1:2015-03 / DIN EN ISO 17892-12:2020-07	7
Tabelle 6.2: Glühverlust nach DIN 18128:2002-12	7
Tabelle 6.3: Kalkgehalt nach DIN 18129:2011-07	7
Tabelle 6.4: Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04	8
Tabelle 6.5: Bodenklassifikation und Bodenmechanische Kennwerte	9
Tabelle 6.6: Durchlässigkeitsbeiwerte	9
Tabelle 6.7: Bautechnische Klassifikation der Geologischen Einheiten	10
Tabelle 6.8: Homogenbereich LBM (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)	11
Tabelle 6.9: Homogenbereich LBO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)	11
Tabelle 6.10: Homogenbereich LO (Rohrvortrieb nach DIN 18319:2012-09)	12
Tabelle 7.1: Mögliche Verfahren des Rohrvortriebes nach DWA-A 125	14
Tabelle 7.2: Zuordnung Bodenkennziffer Bk	16
Tabelle 7.3: Setzungsprognose für 2,5 m Überdeckungshöhe	16

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die N.V. Nederlandse Gasunie plant den Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 von Brunsbüttel nach Hetlingen. Im Zuge dieses Bauvorhabens sind insgesamt 36 Haupt-Querungen von Gewässern erster und zweiter Ordnung, wichtigen Haupt- bzw. Nebenverkehrsstraßen sowie von Bahnstrecken unter Einsatz des HDD-Verfahrens nach ATV DIN 18324:2016-09 und im Preßbohrverfahren nach ATV DIN 18319:2019-09 geplant. Des Weiteren werden im Trassenverlauf 56 Querungen in offener Verlegung mit und ohne Düker vorgesehen.

Ziel des vorliegenden geotechnischen Berichtes ist die Aufklärung und Charakterisierung der Untergrundverhältnisse einschließlich der bodenmechanischen Eigenschaften für die unterirdische Querung ‚Pressung-04‘ mittels dem Rohrvortrieb.

Mit Hilfe des Rohrvortriebes soll an der Querung ‚Pressung-04‘ ein Stahlrohr mit einem Nennquerschnitt von 800 mm unter einer Landstraße verlegt werden. Die Grundlage für die Entscheidung zum Grabenlosen Rohrvortrieb bildet das neue Paket mit Trasseninformationen und shape-files, zur Verfügung gestellt von GME per e-mail vom 05.03.2021 (ETL180_Trasse_210305.dwg und 180_2_03_09_Übersicht Querungen_20210305.xlsx) sowie vom 10.03.2021 im Zuge der Tabelle der Wasserhaltungsabschnitte (180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx).

2. Grundlagen

2.1 Allgemeine vertragspezifische Unterlagen

Die allgemeinen vertragspezifischen Unterlagen sind in Teil 1 des Geotechnischen Basisstreckenberichts zur Baugrunduntersuchung zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ im Abschnitt 1.2.1 aufgelistet.

2.2 Objektspezifische fachtechnische Grundlagen

Zur Bearbeitung des vorliegenden Berichtes wurden folgen fachtechnische Unterlagen als Grundlagen herangezogen:

/U1/ Geotechnischer Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, FUGRO Germany Land GmbH

/U2/ Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25000, Organisation LLUR, Publikationsdatum 01.06.2019

/U3/ Arbeitsblatt DWA-A 125 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DWA Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Dezember 2008

/U4/ Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 463 (A), DVGW Regelwerk, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Juli 2016

- /U5/ VdTÜV-Merkblatt – Rohrfernleitungen 1063 05.78, Technische Richtlinie zur statischen Berechnung eingeredeter Stahlrohre
- /U6/ RIL 836.4501 bis 836.4505 Querungen, Richtlinie der Deutschen Bahn AG
- /U7/ ATV DIN 18300: 2019-09 – Erdarbeiten
- /U8/ ATV DIN 18301: 2019-09 – Bohrarbeiten
- /U9/ ATV DIN 18304: 2019-09 – Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- /U10/ATV DIN 18311: 2019-09 - Nassbaggerarbeiten
- /U11/ATV DIN 18319: 2019-09 – Rohrvortriebsarbeiten
- /U12/ATV DIN 18324: 2019-09 – Horizontalspülbohrarbeiten
- /U13/Dietrich Stein, Grabenloser Leitungsbau, Verlag Ernst & Sohn, Ausgabe 2003
- /U14/Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV Verlag, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Ausgabe März 2010
- /U15/ H. Schad, T. Bräutigam, S. Bamm, Rohrvortrieb – Durchpressung begehrbarer Leitungen, Bauingenieur-Praxis, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage 2008
- /U16/Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW 463 (A) Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Errichtung, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Juli 2016
- /U17/H. Schad, C. Vogt-Breyer, H.-J. Bayer: Horizontalbohrungen und Rohrvortrieb, GBTB, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 8. Auflage, Abschnitt 2.7, S. 505 – 558
- /U18/Aktualisierte Planung der Querungen, mitgeteilt von GME per e-mail vom 05.03.2021 (ETL180_Trasse_210305.dwg und 180_2_03_09_Übersicht Querungen_20210305.xlsx) sowie vom 10.03.2021 (180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx).
- /U19/ETL180_Vermessungspunkte_201218.dxf (Geländehöhen inkl. Dammhöhen von Straßen und Bahnstrecken sowie von Grabensohlen), zur Verfügung gestellt von GME per e-mail vom 19.03.2021

3. Beschreibung zum Bauvorhaben

3.1 Standortsituation und Morphologie

Das Gelände im Bereich der Querung ‚Pressung-04‘ ist flach und weist gemäß Einmessung der Aufschlussansatzpunkte Q046 bis Q047 sowie des Höhenprofils zwischen den Aufschlussansatzpunkten Geländehöhen von ca. -0,67 m unter bis 0,54 m über NHN auf, wobei die die Geländehöhe von Q046 bei -0,20 m NHN und von Q047 bei 0,13 m NHN eingemessen wurden. Die Morphologie ist im geologischen Schnitt zur Querung ‚Pressung-04‘ in Anlage A.2 dargestellt.

Die Querung ‚Pressung-04‘ befindet sich in der Gemeinde Beidenfleth auf der Nebenstraße Klein Kampen ca. 700 m nordöstlich der Landstraße L 136. Nach den vorliegenden morphologischen und geologischen Kartenangaben /U2/ liegt die Querung im Bereich der sogenannten ‚Dwogmarsch‘.

4. Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Geländeuntersuchungen

Die Geländeuntersuchungen zur geplanten Querung ‚Pressung-04‘ umfassen die Herstellung der nachfolgend beschriebenen direkten und indirekten Untergrundaufschlüsse. Die Feldarbeiten erfolgten im Zeitraum vom 24.04.2020 - 30.03.2020. Zusätzlich zum direkten Aufschluss mittels Kleinrammbohrverfahren (RKS) nach DIN EN ISO 22475-1:2007-01 (Tabelle 2 Zeile 9) wurden an den Lokationen noch jeweils indirekte Aufschlüsse mittels Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1:2013-10 abgeteuft. In den direkten Aufschlüssen (RKS) wurden Proben für bodenmechanische Laboruntersuchungen genommen.

4.1.1 Direkte Aufschlüsse

Bei den direkten Untergrundaufschlüssen handelt es sich um Rammkernsondierungen (RKS) nach dem Kleinrammbohrverfahren mit einer Bohraußendurchmesser zwischen 30 bis 80 mm, die an den Standorten Q046 und Q047 auf Endteufen von 7,0 m bis 10,0 m unter OKG niedergebracht wurden.

Die Steuerung der Sondierarbeiten, die bodenmechanische Ansprache des Bohrgutes und die Entnahme von Bodenproben wurden von Fugro kontinuierlich vor Ort vorgenommen. Der in den Aufschlüssen angetroffene Schichtenaufbau ist in Form von Bohrprofilen und Drucksondierprofilen in Anlage A.1.1 und Anlage A.1.2 zusammengestellt.

4.1.2 Indirekte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz der angetroffenen Bodenschichten im oberflächennahen Untergrund wurden neben den direkten Aufschlüssen Drucksondie-

rungen durchgeführt und der somit kontinuierlich gemessene Spitzendruck q_c mit Hilfe von Korrelationen in die bezogene Lagerungsdichte I_D bzw. D_r und die undrainede Scherfestigkeit c_u als Index für die Konsistenz überführt. Die Grundlagen zur Abschätzung der bezogenen Lagerungsdichte in vorrangig rolligen Böden und der undraineden Scherfestigkeit in vorrangig bindigen Böden werden in Abschnitt 2.1.1.2 des Basisstreckenberichtes erläutert.

4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur bodenmechanischen Charakterisierung und zur bautechnischen Klassifizierung der anstehenden Böden sowie zur Festlegung bodenphysikalischer Kennwerte wurde ein repräsentativer Anteil an gestörten und ungestörten Bodenproben bodenmechanischen Laboruntersuchungen unterzogen.

Es wurden Klassifikationsversuche durchgeführt, um Bodenkennwerte abzuleiten und diese, in Zusammenhang mit den Messwerten der Drucksonde abzugleichen. Die Bodenkennwerte bilden die Grundlage für die Festlegung der Bodenklassen nach DIN 18196:2011-05, dem geotechnischen Baugrundmodell sowie den gewerksspezifischen Homogenbereichen nach ATV DIN 18300:2019-09, ATV DIN 18301:2019-09, ATV DIN 18304:2019-09, ATV DIN 18319:2012-09 (alte Norm mit Bodenklassifikation konform zu DWA – A125) sowie ATV DIN 18324:2016-09.

An den in Aufschluss Q046 und Q047 gewonnenen Bodenproben wurden folgende Klassifikationsversuche durchgeführt:

- 3x Bestimmungen der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07
- 4x Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1:2015-03
- 2x Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04 als kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse
- 3x Bestimmungen des Glühverlustes nach DIN 18128:2002-12
- 1x Bestimmungen des Kalkgehaltes nach DIN 18129:2011-07

Dort wo es die Bodenbedingen zulassen, wurden infolge der Vergleichbarkeit und insbesondere aus Effizienzgründen zusätzliche Daten zu Bodenkennwerten aus benachbarten Aufschlüssen zur Unterstützung und statistischen Verdichtung der geotechnischen Datengrundlage zur Bestimmung der Bandbreiten der Bodenparameter von Homogenbereichen hinzugezogen.

4.3 Chemische Laboruntersuchungen

Am unmittelbaren Standort der geplanten Querung ‚Pressung-04‘ wurden keine ortsspezifischen Grundwasserproben hinsichtlich der Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3:2018-03 entnommen.

Entsprechende Untersuchungsergebnisse sind den unter analogen geologischen und hydrogeologischen Bedingungen situierten Nachbarstandorten der Lokationen/Aufschlüssen

Q037 und Q043 (Neufelder Wettern bzw. Hochfelder Wettern, hier aktuell geplant: Nassverlegungen Düker DN 800) zu entnehmen. Weiterführende Angaben s. Abschnitt 6.1.4.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Regionalgeologische Situation

Die regionalgeologische Situation kann dem Geotechnischen Basisstreckenbericht zur Baugrunduntersuchung zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ entnommen werden.

5.2 Untergrundaufbau

Gemäß den in Anlage A zusammengestellten Bohr- und Drucksondierprofilen werden nachfolgend die in den Sondierungen angetroffenen Sedimente bzw. Bodenschichten aufgeführt und deren wesentlichen Merkmale beschrieben. Die Bohrungen wurden in Schichten unterteilt und nach DIN 18196:2011-05 klassifiziert.

Die angetroffenen Sedimente sind größtenteils holozänen Alters und einerseits im Bereich der Marschen als marin - brackische Wattenmeerablagerungen (unter Gezeiteneinfluß) sowie im Bereich des küstennahen Geestrandes als limnische Moorablagerungen entstanden. Erst im tieferen Untergrund ab Geländeteufen $\geq 10...20$ m sind pleistozäne Sande und ggf. auch Kiese zu erwarten. Auf Basis der ausgeführten Labor- und Felduntersuchungen kann folgendes vereinfachtes Baugrundmodell der Geologischen Einheiten (Schichtenfolgen) angegeben werden:

Einheit 0: Mutterboden (Oberboden)

Einheit 1: Marsch / Klei – Wattenmeerablagerungen (Holozän)

Ton-Schluff-Feinsand-Gemische, vorwiegend schwach organisch

Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: TM, TA, OT, OU

Einheit 2: Torf – limnische Moorbildung fossiler Hölzer (Holozän)

zersetzt sowie gering bis unzersetzt

Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: HZ, HN

Einheit 3: Mudde – limnische, organisch-mineralische Moorablagerungen (Holozän),

Ton, schluffig, schwach sandig, organisch (Faulschlamm)

Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: F, OU, OT

5.3 Bodenmechanische Feld- und Laboruntersuchungen

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind im Basisstreckenbericht 362-19-016 ‚BGU zum BV ‚Neubau ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ in Anlage A.4 zusammengestellt.

5.4 Organoleptische Ansprache und chemische Analytik

Sämtliche Bodenproben wurden organoleptisch begutachtet. Im Ergebnis der Begutachtung ist festzustellen, dass keine Auffälligkeiten vorliegen. Dementsprechend wurden keine chemischen Untersuchungen auf Schadstoffe im Boden ausgeführt. Die beim Rohrvortrieb anfallenden Massen sind vor der Entsorgung bzw. Verwertung nach den Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zu prüfen.

5.5 Grundwasser

Während der Aufschlußarbeiten wurden in den Aufschlüssen Grundwasser in folgenden Tiefen gemäß Tabelle 5.1 angetroffen.

Tabelle 5.1: Erkundungsaktuelle Grundwasserstände (GW)

Aufschluß (RKS) Ansatzhöhe	Q046 -0,20 m NHN	Q047 0,13 m NHN
GW, angebohrt [m u. OKG]	1,20	0,47
GW, angebohrt [m NHN]	-1,40	-0,34
Ruhe-GW [m]	1,30	-
Ruhe-GW [m NHN]	-1,50	-
Datum	30.03.2020	30.03.2020

Das Grundwasser ist aufgrund der Sedimentationsbedingungen (Ablagerungen der Sedimente im Wasser, relativ geringer Konsolidierungsgrad infolge Auftrieb) im allgemeinen ungespannt oder allenfalls leichtgespannt. Der Ruhewasserstand in Aufschluss Q046, der ca. 1 Stunde nach Grundwasseranschnitt gemessen wurde, ist wahrscheinlich nicht repräsentativ und wird weiter ansteigen. Infolge der geringen Durchlässigkeit der Kleimarsch dauert der Wiederanstieg allerdings länger.

In der Folge von Starkregenfällen muss ferner mit erheblichen Schwankungen der Grundwasserstände gerechnet werden. Die Grundwasserstände können zeitweilig bis auf Geländeoberkante (OKG) und darüber hinaus ansteigen. Die in den geologischen Karten /U3/ im Bereich der Querung 11 angegebenen Grundwasserstände von 0,8 m u. OKG stimmen im Wesentlichen mit den angetroffenen Grundwasserständen überein.

6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

6.1 Baugrundmodell / Homogenbereiche

Neben einer bodenmechanischen Klassifizierung bzw. Einordnung der Schichten im geotechnischen Baugrundmodell nach DIN 18196:2011-05 wurden auch bautechnische bzw. gewerksspezifische Homogenbereiche zugewiesen, um den Untergrund für Erd-, Bohr-, Ramm-/Rüttel-/Press-, Nassbagger- und Rohrvortriebsarbeiten zu charakterisieren.

6.1.1 Wassergehalt und Konsistenz

An jeweils zwei Bodenproben der erkundeten Mudden wurden der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1:2015-03 und die Konsistenzen nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07 bestimmt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 6.1 zusammengestellt.

Tabelle 6.1: Wassergehalt und Konsistenz DIN EN ISO 17892-1:2015-03 / DIN EN ISO 17892-12:2020-07

Aufschluß	Tiefe (m)	Einheit	Bodengruppe (Bodenart)	Wassergehalt (%)	Konsistenz I_c
Q047	4,0 – 5,0	1	OT-TA (Klei)	107,3	0,06 (breiig)
Q047	7,5 – 8,7	3	OT-F (Mudde)	141,5	0,44 (breiig)

6.1.2 Glühverlust

Am Klei der Einheit 1 und der Mudde von Einheit 3 wurde der Glühverlust nach DIN 18128:2002-12 bestimmt und in Tabelle 6.2 aufgelistet.

Tabelle 6.2: Glühverlust nach DIN 18128:2002-12

Aufschluß	Tiefe (m)	Einheit	Bodengruppe (Bodenart)	Glühverlust (%)
Q047	4,0 – 5,0	1	OT-TA (Klei)	13,6
Q047	7,5 – 8,7	3	OT-F (Mudde)	14,4
Q047	8,7 – 10,0	3	OT-F (Mudde)	12,6

Gemäß vorstehender Tabelle ist die Mudde mit einem organischen Anteil von $6\% < V_{gl} < 20\%$ nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11 als mäßig organisch einzustufen.

6.1.3 Kalkgehalt

An den erkundeten Mudden wurde an einer Bodenprobe der Kalkgehalt nach DIN 18129:2011-07 bestimmt. Kalkgehalte von $> 5\%$ sind als ‚kalkhaltig‘ und $> 25\%$ als ‚stark kalkhaltig‘ einzustufen. Ein Kalkgehalt $< 1\%$ gilt nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11 als ‚nicht kalkhaltig‘.

Tabelle 6.3: Kalkgehalt nach DIN 18129:2011-07

Aufschluß	Tiefe (m)	Einheit	Bodengruppe (Bodenart)	Kalkgehalt (%)
Q047	8,7 – 10,0	3	F-OT (Mudde)	0,2

6.1.4 Sulfatgehalt, Betonangriff und Stahlkorrosivität

Am unmittelbaren Standort der geplanten Querung ‚Pressung-04‘ wurden keine ortsspezifischen Grundwasserproben hinsichtlich der Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3:2018-03, die den Sulfatgehalt, ph-Wert, kalkangreifendes CO₂, Ammonium, Magnesium und weitere Inhaltsstoffe beinhalten, entnommen.

Diesbezügliche Untersuchungsergebnisse sind den unter analogen geologischen und hydrogeologischen Bedingungen situierten Nachbarstandorten der Aufschlüsse Q037 (Neufelder Wetteren) und Q043 (Hochfelder Wetteren), an denen laut aktuellem Planungsstand jeweils Querungen mittels Nassverlegungen Düker vorgesehen sind, zu entnehmen.

In Sichtung der bauchemischen Analysenwerte dieser Aufschlüsse ist das Grundwasser hinsichtlich Betonangriff generell in die Kategorie ‚<XA1 nicht angreifend‘ und bezüglich Stahlangriff als ‚gering angreifend‘ in Bezug auf Mulden-/Lochkorrosion und ‚sehr gering angreifend‘ in Bezug auf Flächenkorrosion einzustufen¹⁾.

¹⁾ Einen ‚Ausreißer‘ bildet das Grundwasser im Aufschluss Q037 aufgrund erhöhter Ammoniumgehalte (NH₄⁺ = 41 mg/l), das hinsichtlich Betonangriff in die Kategorie ‚XA2 stark angreifend‘ einzuordnen wäre. Allerdings wies die diesbezügliche Grundwasserprobe typischen Bauschuttgeruch auf, so daß es sich hier wahrscheinlich nur um eine örtlich (eng) begrenzte Auffälligkeit handelt, die jedoch für die Querung ‚Pressung-04‘ keine Rolle spielt.

6.1.5 Korngrößenverteilung

Zur Ermittlung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04 wurde an einer Klei-Probe von Aufschluss Q047 im Teufenbereich von 4,0 – 5,0 m unter OKG eine kombinierte Sieb-/Schlammanalyse durchgeführt. Die Körnungslinien sind in der Anlage A.4 von /U1/ zusammengestellt. In einfacher numerischer Form sind die Kornfraktionen der untersuchten Klei-Probe in Tabelle 6.4 enthalten.

Tabelle 6.4: Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04

Aufschluß	Tiefe (m)	Einheit	Bodengruppe (Bodenart)	Ton / Schluff / Sand / Kies (%)
Q047	4,0 – 5,0	1	OT-TA (Klei)	30,2 / 57,5 / 12,3 / -
A046	1,1-2,0	3	F-OT (Mudde)	37,4 / 47,8 / 14,8 / -

Zu Vergleichszwecken wurden in Tabelle 6.4 auch die Kornfraktionen der geologischen Einheit 3 aus dem benachbarten Aufschluß A046 ebenfalls angegeben. Der Aufschluß A046 liegt ca. 360 m nordwestlich von Aufschluss Q046.

Bei den Kleien der **Einheit 1** handelt es sich um

- Ton, stark schluffig, feinsandig, schwach organisch
- Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: TA, OT-TA

Bei den Mudden der **Einheit 3** handelt es sich um

- Ton, stark schluffig, schwach feinsandig, organisch
- Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: F-OT

6.2 Zusammenstellung der Bodenmechanischen Kennwerte

Nachfolgend werden die in Feld-, in Laborversuchen, aus Erfahrungswerten und aus der statistischen Auswertung von vergleichbaren Ergebnissen von Nachbaraufschlüssen ermittelten bodenmechanischen Kennwerte in Tabelle 6.5 tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 6.5: Bodenklassifikation und Bodenmechanische Kennwerte

Geologische Einheit (Schicht)	Boden- gruppe (DIN 18196)	Boden- klasse vor 08/2015 (DIN 18300)	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Effektiver Reibungs- winkel ϕ' [°]	Effektive Kohäsion c' [kN/m ²]	UndrÄnirte Scherfestig- keit c_u [kN/m ²]	Steife- zahl E_s [MN/m ²]
Einheit 1 Marsch / Klei (Holozän)	OT-TA	4, 2	15 - 17	6 - 8	18 - 20	2 - 5	20 - 60 ¹⁾ 5 - ≤ 20 ²⁾	2 - 5 ¹⁾ 0,5 - 2 ²⁾
Einheit 2 Torf (Holozän)	HZ, HN	2, 3 ³⁾	11 - 13	1 - 3	10 - 15	0	≈ 0 ≈ (15 - 25) ⁴⁾	0 - 0,5
Einheit 3 Mudde (Holozän)	F-OT	2	13,5-15,5	5 - 7	15 - 18	0 - 1	5 - ≤ 20	0,5 - 2

¹⁾ oberhalb des Grundwasserspiegels bei weicher – steifer Konsistenz und $c_u \geq 20\text{kN/m}^2$

²⁾ unterhalb des Grundwasserspiegels bei flüssiger bis breiiger Konsistenz und $c_u \leq 20\text{kN/m}^2$

³⁾ beim Ausheben standfest bleibende Torfe der Gruppe HN mit geringem Wassergehalt

⁴⁾ abgeschätzte undrÄnirte Scherfestigkeit für bautechnische Zwecke aus dem CPT-Spitzendruck abgeleitet

Bei Torfen kann es infolge der nicht zersetzten bzw. nur teilweise zersetzten Pflanzenfasern und Holzstücke zu einer erhöhten Scherfestigkeit kommen, die sich nicht aus der Bodenmatrix sondern aus der Bewehrungswirkung durch die Pflanzenfasern und Holzstücke ergibt.

Die in Tabelle 6.6 aufgelisteten Durchlässigkeitsbeiwerte Klei, Torf und Mudde sind typische Bandbreiten aus Literatur und Erfahrungswerten und sollen somit auch die im allgemeinen vorzufindende Anisotropie des Bodens durch Schichtung, Risse, Flächen, Störungen, Wurzeln abdecken.

Tabelle 6.6: Durchlässigkeitsbeiwerte

Geologische Einheit (Schicht)	Bodengruppe (DIN 18196)	Bodenklasse vor 08/2015 (DIN 18300)	Durchlässigkeitsbeiwert k_f (m/s)
Einheit 1 Marsch / Klei (Holozän)	OT-TA	4, 2	≈ 10 ⁻⁷ ...10 ⁻⁹
Einheit 2 Torf (Holozän)	HZ, HN	2, 3 ³⁾	≈ 10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁸
Einheit 3 Mudde (Holozän)	F-OT	2	≈ 10 ⁻⁸ ...10 ⁻¹⁰

6.3 Bautechnische Klassifizierung (Homogenbereiche)

Seit September 2015 werden die bautechnischen bzw. gewerkspezifischen Baugrundbeschreibungen mittels Homogenbereichen klassifiziert. Ein Homogenbereich ist ein „begrenzter Bereich von Boden oder Fels, dessen Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.“

Die bautechnische Klassifizierung der angetroffenen geologischen Einheiten im Rahmen der ATV DIN 18300:2019-09, ATV DIN 18301:2019-09, ATV DIN 18304:2019-09, ATV DIN 18311:2019-09, ATV DIN 18319:2012-09 und ATV DIN 18324:2016-09 ist der nachfolgenden Tabelle 6.7 zu entnehmen. Die zur Beschreibung der Homogenbereiche notwendigen Bandbreiten der Bodenparameter sind auf Grundlage einer statistischen Auswertung von als vergleichbar angesehenen Streckenabschnitten im Basisstreckenbericht /U1/ enthalten.

Um dennoch auch im vorliegenden Teilbericht für Querung ‚Pressung-04‘ die Bandbreiten für die angetroffenen geologischen Einheiten bzw. Homogenbereiche zu liefern, werden in Tabelle 6.8 bis Tabelle 6.10 die Bandbreiten für die ATV DIN 18319:2012-09 Rohrvortriebsarbeiten tabellarisiert. Zuzüglich der Bandbreite für Konsistenz, Plastizität und Kohäsion erfordert das Gewerk Rohrvortriebsarbeiten eine große Menge von Angaben zu Bodenparametern und deckt Gewerke wie Erdarbeiten, Bohrarbeiten, Ramm-/Rüttel- und Pressarbeiten mit ab.

Tabelle 6.7: Bautechnische Klassifikation der Geologischen Einheiten

Geologische Einheit	Boden- gruppe DIN 18196	ATV DIN 18300 "Erd- arbeiten"	ATV DIN 18301 "Bohr- arbeiten"	ATV DIN 18311 "Nassbagger- arbeiten"	ATV DIN 18304 " Ramm-, Rüttel- und Preß- arbeiten"	ATV DIN 18324 "Horizontal- spülbohr- arbeiten"	ATV DIN 18319 Rohrvortrieb (vor 08/2015)
Einheit 0 (Oberboden)	-	HBE 0	-	-	-	-	-
Einheit 1 Marsch / Klei (Holozän)	OT-TA	HBE 1	HBB 2 ¹⁾ – HBB 1 ²⁾	HBNB 2 ¹⁾ – HBNB 1 ²⁾	HBR 2 ¹⁾ – HBR 1 ²⁾	HBHD 2 ¹⁾ – HBHD 1 ²⁾	LBM 2 ¹⁾ –LBM 1 ²⁾ /LBO 2 ¹⁾ –LBO 1 ²⁾
Einheit 2 Torf (Holozän)	HZ, HN	HBE 3	HBBO 1 (HZ) HBBO 2 (HN)	HBNB-01 (HZ) HBNB-01 (HN)	HBR-01(HZ) HBR-02 (HN)	HBHD-01 (HZ) HBHD-02 (HN)	LO
Einheit 3 Mudde (Holozän)	F-OT	HBE 2	HBB 2 ¹⁾ – HBB 1 ²⁾	HBNB 2 ¹⁾ – HBNB 1 ²⁾	HBR 2 ¹⁾ – HBR 1 ²⁾	HBHD 2 ¹⁾ – HBHD 1 ²⁾	LBO 2 ¹⁾ – LBO 1 ²⁾

¹⁾ bei weicher – steifer Konsistenz und $c_u > 20 \text{ kN/m}^2$

²⁾ bei flüssiger bis breiiger Konsistenz und $c_u \leq 20 \text{ kN/m}^2$

Da sich die Literatur zu Vortriebsarbeiten sowie die noch immer aktuellen Arbeitsblätter der DWA-A 125 auf die Klassifizierung der vor August 2015 gültigen ATV DIN 18319:2012-09 beziehen, werden in Tabelle 6.7 auch die alten Klassen als grobe Gliederung für den

Rohrvortrieb verwendet und in Tabelle 6.8 bis Tabelle 6.10 mit Bandbreiten für Bodenparameter unterlegt.

Tabelle 6.8: Homogenbereich LBM (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LBM 1 und LBM 2
1	Ortsübliche Bezeichnung	Marsch / Klei (Holozän)
2	Kornverteilung	siehe Körnungsband für HBE 1 im Basisstreckenbericht
3	Bodengruppe	TM, TA, TM-OU, TA-OT, OT, OU
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	~ 0 % für Steine ~ 0 % für Blöcke
5	Lagerungsdichte I_b [%] aus Drucksondierung korreliert	nicht anwendbar
6	Dichte [kg/m ³] im natürlichen Zustand	1,5 – 1,7
7	Wassergehalt [%]	33 – 100
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	LBM 1: breiig - weich; $I_c < 0,76$ LBM 2: weich - steif; $0,50 \leq I_c < 1,00$ (oberhalb GW oder in größeren Tiefen)
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	mittel bis ausgeprägt plastisch $I_p = 14 - 53$; $W_L = 43 - 107$; $W_P = 18 - 48$
10	Undrained Scherfestigkeit c_u [kPa] mit $c_u \approx (q_t - \sigma'_{vo})/N_k$ ($15 \leq N_k \leq 20$)	LBM 1: $c_u \approx 5 - 20$ (breiig - weich unterhalb GW) LBM 2: $c_u \approx 20 - 60$ (weich - steif oberhalb GW u. in der Tiefe)
11	Organischer Anteil [%]	allgemein: 3,2 – 8,5 speziell: 9,0 - 13,6 (im Übergangsbereich zum Torf)
12	Reibungswinkel [°] Kohäsion [kN/m ²]	$\phi' = 18 - 20$ $c' = 2 - 5$
13	Kalkgehalt [%]	0 – 4,4
14	Durchlässigkeit [m/s]	$\approx 10^{-7} \dots 10^{-9}$
16	Abrasivität	vernachlässigbar
17	Sensitivität [-] nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11	niedrig (< 8) für mittel bis ausgeprägt plastische Böden (Sensitivität abgeschätzt nach Bjerrum (1954) aus Liquiditätszahl I_L)

Tabelle 6.9: Homogenbereich LBO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LBO 1 und LBO 2
1	Ortsübliche Bezeichnung	Marsch / Klei (Holozän) Mudde (Holozän)
2	Kornverteilung	siehe Körnungsband für HBE 1 u. 2 im Basisstreckenbericht
3	Bodengruppe	TM, TA, TM-OU, TA-OT, OT, OU, F, F-OU, F-OT
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	~ 0 % für Steine ~ 0 % für Blöcke
5	Lagerungsdichte I_b [%] aus Drucksondierung korreliert	nicht anwendbar
6	Dichte [kg/m ³] im natürlichen Zustand	1,35 – 1,55
7	Wassergehalt [%]	42 – 171
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	LBO 1: breiig – sehr weich; $I_c < 0,30$ LBO 2: weich - steif; $0,50 \leq I_c < 1,00$ (oberhalb GW oder in größeren Tiefen)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LBO 1 und LBO 2
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	Klei: $I_p = 14 - 53$; $W_L = 43 - 107$; $W_P = 18 - 48$ Mudde (breiig – weich): $I_p = 55 - 95$; $W_L = 95 - 145$; $W_P = 36 - 56$ Mudde (weich – steif): $I_p = 72 - 78$; $W_L = 112 - 115$; $W_P = 34 - 43$
10	Undrained Scherfestigkeit c_u [kPa] mit $c_u \approx (q_t - \sigma'_{vo})/N_k$ ($15 \leq N_k \leq 20$)	LBO 1: $c_u \leq 20$ (breiig – sehr weich unterhalb GW) LBO 2: $c_u \approx 20 - 50$ (weich - steif oberhalb GW bzw. in größeren Tiefen)
11	Organischer Anteil [%]	allgemein: 5,6 – 12,6 speziell: 14,5 – 24,0 (bei torfigen Mudden)
12	Reibungswinkel [°] Kohäsion [kN/m ²]	$\varphi' = 15 - 18$ $c' = 0 - 1$
13	Kalkgehalt [%]	0 – 4,4
14	Durchlässigkeit [m/s]	$\approx 10^{-7} \dots 10^{-10}$
16	Abrasivität	vernachlässigbar
17	Sensitivität [-] nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11	niedrig (< 8) für organogene Böden bis mittel (> 8 - < 30) für organische Böden (Sensitivität abgeschätzt nach Bjerrum (1954) aus Liquiditätszahl I_L)

Tabelle 6.10: Homogenbereich LO (Rohrvortrieb nach DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LO
1	Ortsübliche Bezeichnung	Torf (Holozän)
2	Kornverteilung	nicht anwendbar
3	Bodengruppe	HN, HZ
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	~ 0 % für Steine ~ 0 % für Blöcke
5	Lagerungsdichte I_b [%] aus Drucksondierung korreliert	nicht anwendbar
6	Dichte [kg/m ³] im natürlichen Zustand	1,1 – 1,3
7	Wassergehalt [%]	HN: 53 – 104 HZ: 190 - 460
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht anwendbar
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht anwendbar
10	Undrained Scherfestigkeit c_u [kPa] mit $c_u \approx (q_t - \sigma'_{vo})/N_k$ ($15 \leq N_k \leq 20$)	$c_u \approx 0$ (aus Bodenmatrix) $15 \leq c_u \leq 25$ für bautechnische Zwecke Bei Torfen kann es infolge der nicht zersetzten bzw. nur teilweise zersetzten Pflanzenfasern und Holzstücke zu einer erhöhten Scherfestigkeit kommen, die sich nicht aus der Bodenmatrix sondern aus der Bewehrungswirkung durch die Pflanzenfasern und Holzstücke ergibt.
11	Organischer Anteil [%]	HN: 29,3 – 90,9 HZ: 59,4 – 83,6
12	Reibungswinkel [°] Kohäsion [kN/m ²]	$\varphi' = 10 - 15$ $c' \approx 0$
13	Kalkgehalt [%]	-
14	Durchlässigkeit [m/s]	$\approx 10^{-5} \dots 10^{-8}$

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LO
16	Abrasivität	vernachlässigbar
17	Sensivität [-] nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11	nicht anwendbar
18	Benennung und Beschreibung	organischer Boden aus zersetztem (HZ) bis nicht zersetztem Torf (HN)

7. Folgerungen und Bautechnische Empfehlungen

7.1 Rohrvortrieb

Grundsätzlich ist der erkundete Baugrund für die Verlegung der Hochdruckgasleitung in geschlossener Bauweise geeignet. Auf Grundlage der direkten und indirekten Aufschlüsse außerhalb des Straßenoberbaus werden die relevanten Schichten im möglichen Bereich des Rohrvortriebes gemäß DWA-A 125 und ATV DIN 18319:2012-09 (alte Norm) mit LBM 1 bzw. LBO 1 klassifiziert. Die Bandbreiten der Bodenkennwerte der Einheit 1 und 2 sind in Abschnitt 6.3 zusammengestellt.

Die Klassifizierung LBM1 für die geologische Einheit 1 und LBO 1 für geologische Einheit 2 entspricht im Wesentlichen einem bindigen Boden auf mineralischer oder mineralischer und organogener Basis mit einer breiigen bis weichen Konsistenz. Aus dem Spitzendruck der beiden Drucksonden kann für die geologische Einheit 1 eine undrained Scherfestigkeit von ca. 5 bis ≤ 20 kPa unterhalb des Grundwasserspiegels abgeschätzt werden. Im darunter liegenden Torf der geologischen Einheit 2 wird aus der Drucksonde eine undrained Scherfestigkeit zwischen 15 und 25 kPa abgeschätzt. Wie in Tabelle 6.10 angegeben, wird dem Torf von der Bodenmatrix her zwar eine charakteristische undrained Scherfestigkeit $c_u \approx 0$ kPa zugewiesen, jedoch ergeben Korrelationen aus dem Spitzendruck der Drucksonde für den Torf ein $c_u \approx 15$ bis 25 kPa, was für bautechnische Zwecke eher zutrifft, da der Torf infolge seiner Heterogenität und ungleich verteilten Bewehrungswirkung durch Pflanzenfasern und Holzstücke dennoch einen Spitzendruck bzw. eine Scherfestigkeit aufbauen kann.

7.1.1 Allgemeine Angaben und Annahmen

Die nachfolgenden Annahmen und allgemeinen Angaben sind im geologischen Schnitt in Anlage 2 dargestellt.

Die Straße K49 ‚Klein Kampen‘ ist eine Verbindungsstraße in der Gemeinde Beidenfleth und verbindet im südlichen Ende die Landstraße L136 mit der weiterführenden Verbindungsstraße ‚Kasenort‘ am nördlichen Ende. Die Bauklasse dieser kleinen ca. 5 m breiten Asphaltstraße wird zu III bis IV geschätzt. Wird somit von einem Gesamtaufbau zwischen 1,5 m bis 2,5 m unter OK Asphalt ausgegangen, liegt die Unterkante des Straßenaufbaus bei ca. -1,2 m bis -2,2 m NHN. Das Grundwasser wurde im Aufschlusspunkt Q046 und Q047 bei ca. -1,4 m bzw. bei -0,4 m NHN angetroffen.

Unter Beachtung der Mindestüberdeckung nach DWA – A 125 von $1,5 \times D_a$ beim Pressen mit offenem Stahlrohr bzw. mit Horizontal-Pressbohrgerät liegt die Oberkante des Vortriebsrohres bei ca. -2,0...-2,2 m NHN, wenn man die neben der Landstraße K49 ‚Klein Kampen‘ liegende Grabensohle in ca. -0,7 m NHN [U19] als Bezugshöhe nimmt. In diesem Fall würde das gesamte Vortriebsrohr in der geologischen Einheit 1 verlaufen.

Hinweis: Zusätzlich wird parallel, in einem horizontalen Abstand (Rohrachsen) von ca. 4,0 m zur Hauptleitung (DN 800), die Verlegung eines trassenbegleitenden LWL-Kabels vorgesehen. Dazu ist eine zweite Bohrung notwendig. Diese soll mittels HDD-Verfahren durchgeführt werden. In den Bohrkanaal wird ein HDPE-Kabelleerrohr (DA225) eingezogen. In das Innere des Kabelleerrohres werden zwei weitere entsprechend kleiner dimensionierte Kabelleerrohre (DA50) eingebracht.

7.1.2 Verfahren

Vorschläge zu geeigneten Rohrvortriebsverfahren erfolgen auf der Grundlage des Anhanges B des Arbeitsblattes DWA-A 125 /U3/ sowie den Angaben in /U13/. Nach der Tabelle im Anhang B wird der Einsatz von Mikrotunnelbau (DWA-A 125 Abschnitt 6.1.3.1) in breiig bis weichen Böden (LBM 1 und LBO 1) im und oberhalb des Grundwassers als kritisch eingeschätzt. Nach den Angaben in /U13/ werden breiige bis weiche Böden mit Konsistenzzahlen $I_c < 0,5$ in die Klasse S4 eingeordnet, die als ‚nicht steuerbar‘ gilt. Das heißt, steuerbare Verfahren (DWA-A 125 Abschnitt 6.1.3.1) sollten innerhalb der geologischen Einheit 1, 2 und 3 nach /U13/ nicht zum Einsatz kommen.

In Böden mit breiiger bis weicher Konsistenz können auf Grundlage der Erfahrungswerte in Anhang B des Arbeitsblattes DWA-A 125 demnach die folgenden, in Tabelle 7.1 aufgelisteten Methoden zum Einsatz kommen:

Tabelle 7.1: Mögliche Verfahren des Rohrvortriebes nach DWA-A 125

Abschnitt nach DWA-A 125	Verfahren	Rohraußendurchmesser D_a (mm)	Vortriebslänge für homogene Böden (m)	Mindestüberdeckung nach DWA-A125
6.1.2.2.1 9.5	Horizontalramme/-presse mit offenem Rohr	≤ 2000	$(D_a \text{ in mm})/10$	$1,5 \times D_a$
6.1.2.2.2 9.5	Horizontal-Pressbohrgerät	≤ 1600	$(D_a \text{ in mm})/10$	$1,5 \times D_a$

Bei der durchgeführten Baugrunderkundung wurden innerhalb der geologischen Einheit 1, 2 und 3 keine Steine und Blöcke bzw. Bohrhindernisse angetroffen. Angesichts der Geologie sollten Steine und Blöcke nicht angetroffen werden, können jedoch auch nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang muss auch die Herstellung der Verbindungsstraße K49 betrachtet werden. Im norddeutschen Raum wurden/werden Straßen auf weichen, wenig tragfähigem Untergrund größtenteils nach dem ‚Überschüttverfahren‘ gebaut bzw. der Untergrund vor dem Einbau der Frostschutz- und Tragschichten mit zusätzlichem Schüttmaterial konsolidiert. Welche Materialien beim Überschütten der Verbindungsstraße K49 im Bereich der geplanten

Querung ‚Pressung-04‘ zum Einsatz gekommen sind und inwieweit diese Schüttmaterialien unter OKG bzw. OK Asphalt in die Tiefe reichen, ist unbekannt und kann im Rahmen der Trassenerkundung nicht vollumfänglich geklärt werden. Es wird daher empfohlen geeignete Technik für die Beseitigung von Steinen und ggf. Blöcken vorzuhalten. Es ist davon auszugehen, dass die vormals breiigen bis weichen Böden im Lasteinwirkungsbereich unterhalb des Straßenaufbaus konsolidiert sind und dementsprechend höhere Scherfestigkeiten aufweisen als die natürlichen, nicht konsolidierten Böden außerhalb des Lasteinflussbereiches der Verbindungsstraße K49. Der Grad der Konsolidierung ist nicht bekannt. Mit weich bis steifen bindigen Böden ist zu rechnen.

Bei der Planung des Rohrvortriebs ist der zulässige Abstand zu Wasser- und Abwasserkanälen sowie Medienleitungen entlang der Straße einzuhalten und deren Eigentümern anzuzeigen.

Bei der Auswahl des Rohrmaterials und Bohrverfahrens sind die Höhe des Grundwassers, der Einfluss des hydrostatischen Drucks auf das Rohr und die Spundwände am Start- und Zielschacht zu berücksichtigen und entsprechende erforderliche statische Nachweise zu erbringen.

Ergibt sich während der Ausführung die Gefahr von Ausfließen von Boden, Wassereintrüben, Vortriebshebungen, Schäden an Vortriebsrohren oder baulichen Anlagen, hat der Auftragnehmer unverzüglich die notwendigen Maßnahmen zur Verhütung von Schäden zu treffen und die Gefährdung sowie bereits eingetretene Schäden dem Auftraggeber unverzüglich mitzuteilen.

7.1.3 Setzungsprognose infolge Rohrvortrieb

Im Rahmen der Planung von Rohrvortrieben im innerstädtischen Bereich ist die Prognose von Setzungen des Baugrunds oberhalb der Leitung und eine daraus abgeleitete Bewertung möglicher konstruktiver Schäden von Bestandbebauung und Versorgungsleitungen sowie Sicherungsmaßnahmen zu ermitteln.

Die zu erwartenden Setzungen im Bereich der Untersuchungstrasse infolge der geplanten Durchörterung ergeben sich aus dem Verhältnis des Rohrdurchmessers zur Überdeckungshöhe in Abhängigkeit des anstehenden Bodens. Für eine überschlägige Berechnung der Setzungen infolge von Durchörterungen wird der Ansatz nach SCHERLE verwendet, der sich im Vergleich zu Analytischen Verfahren als überschlägliche Methode bewährt hat. Der Ansatz nach Scherle ist in /U13/ beschrieben.

Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Setzungsprognose in homogenem Baugrund auf Grundlage von Überschnitt, Bodenmehrentnahme und allgemeiner Auflockerung. Die maximale Setzungsamplitude im Mittelpunkt der Setzungsmulde ergibt sich wie folgt:

$$S_{max}(cm) = \frac{D_a}{1 + \frac{h}{2D_a}} \cdot B_K$$

$$L(m) = D_a + h$$

mit:

D_a = Rohraußendurchmesser (m)

B_k = Bodenkennziffer (-)

h = Überdeckungshöhe (m)

L = Länge bzw. Einflussbreite der Setzungmulde (m)

Die Zuordnung der Bodenkennziffer kann Tabelle 7.2 entnommen werden.

Tabelle 7.2: Zuordnung Bodenkennziffer B_k

Lagerungsdichte Konsistenz	sehr dicht	dicht	locker	sehr locker	halbfest	steif	weich	breiig
B_k	1,5	2	3	4	2	3	4	6

Anhand einer weichen bis steifen Konsistenz im Überdeckungsbereich des Rohrvortriebes sowie einer angenommenen Haupt-Überdeckungshöhe von 2,5 m unter der Landstraße K49 ‚Klein Kampen‘ wird die maximale Setzung im Mittelpunkt der Setzungmulde zu 1,0 bis 1,5 cm (siehe Tabelle 7.3) abgeschätzt.

Tabelle 7.3: Setzungsprognose für 2,5 m Überdeckungshöhe

Rohrdurchmesser (m)	Setzungsprognose (cm)	Länge der Setzungmulde (m)
DN 800 / $D_a = 0,813...0,82$	1,0 – 1,5	3,3

Die Setzungsprognose kann nur dann eingehalten bzw. unterschritten werden, wenn der Rohrvortrieb mit entsprechend geeigneter Technik und einer gewissenhaften Bauausführung erfolgt. Es wird darauf hingewiesen, dass im Zuge der Durchörterung vorlaufende Hebungen in der Größenordnung der möglichen Setzungen auftreten können.

7.2 Beweissicherung

Aus geotechnischer Sicht wird im entsprechenden Einflussbereich der Verbindungsstraße K49 eine Beweissicherung durch Fotos und geodätische Einmessung der Straßenoberkante vor Bauausführung empfohlen. Die Bauarbeiten sind so zu planen und auszuführen, dass Schäden (Hebungen oder Setzungen) im Einflussbereich der Verbindungsstraße vermieden werden. Der Einflussbereich einschließlich eines geeigneten Sicherheitszuschlages wird mit jeweils 5,0 m in beiden Richtungen von der auf die Straßenoberkante projizierten Mittelachse der geplanten Pressung angegeben. Auf beiden Seiten der Straße sowie in Straßenmitte sollen jeweils 10,0 m geodätisch in Lage und Höhe vor der Baumaßnahme eingemessen werden.

7.3 Fremdleitungen

Nach den Angaben der Betreiber befinden sich in Richtung Kasenort blickend rechts neben der Verbindungsstraße K49 eine Mittelspannungs- und eine Fernmeldeleitung. Basierend auf dem Kartenmaterial der Betreiber wird der Abstand zwischen der Straßenmittelachse und den

beiden Medien mit ca. 3 bis 5 m angegeben. Die genaue Tiefe der beiden Leitungen im Querungsbereich ist nicht bekannt.

Die genaue Lage der Fremdleitungen muss bei der Planung des Verlaufs und der Tiefe unter OKG sowie der Lage von Start- und Zielschacht beachtet werden. Der lichte Abstand zwischen Fremdleitungen und der Gashochdruckleitung ETL 180 im Kreuzungspunkt muss mit den Fremdleitungsbetreibern abgestimmt werden.

In /U13/ werden zu sich kreuzenden Gasleitungen keine spezifischen Hinweise gegeben, da die aus der Kreuzung ergebenden Probleme und Schwierigkeiten in der Regel immer speziell besprochen werden müssen.

Laut /U16/ darf für Kreuzungen von Rohleitungen ein Mindestabstand von 0,2 m nicht unterschritten werden.

Ca. 13,5 m südlich der geplanten Querung ‚Pressung-04‘ verläuft eine existierende Hochdruckgasleitungstrasse.

7.4 Press- und Zielgrube

Die Errichtung der Start- bzw. Press- und Zielgrube hat unter Beachtung der Angaben in DIN 4124:2012-01 und DIN 4123:2013-04 zu erfolgen. Start- und Zielgrube sollten außerhalb des Lasteinflußbereiches der Straße liegen. Legt man das zwischen den Aufschlußpunkten Q046 und Q047 gemessene Höhenprofil zugrunde, wird unter Beachtung der Lage der Straße eine Mindest-Presslänge von ca. 22 m abgeschätzt.

Es wird in der weiteren Beschreibung des Vorgehens davon ausgegangen, dass die in Abschnitt 7.3 erwähnte Mittelspannungs- und Fernmeldeleitung zwischen Straße und aufschlußpunkt Q047 in einer Tiefe liegen, die die geplante Rohrvortriebsachse der ETL 180 nicht tangiert. In jedem Fall muss die genaue Lage der Fremdleitungen mit den jeweiligen Betreibern im Vorfeld der Baumaßnahme genau erörtert werden und die Lage des geplanten Rohrvortriebs der ETL 180 ggf. angepasst werden.

Im Bereich der Start- und Zielgrube stehen grundwasserführende breiig bis weiche bzw. teilweise weich bis steife bindige Böden an. Aus diesem Grund werden Spundwandkästen zur Ausbildung von Start- und Zielgrube empfohlen. Basierend auf den im geologischen Schnitt angegebenen Daten kann von einer Grubentiefe von ca. 3,5 m bis 4,0 m und einer hydrostatischen Wassersäule auf dem Niveau der angenommenen Grubensohle von ca. 2,5 m bis 4,0 m ausgegangen werden.

Die in Abschnitt 6 und in /U1/ klassifizierten Böden sind leicht rammpbar und die Wahrscheinlichkeit das Rammhindernisse angetroffen werden, ist aus geologischen Gesichtspunkten eher gering. Dennoch können Rammhindernisse (wie Steine und Blöcke) nicht völlig ausgeschlossen werden.

7.4.1 Grubenverbau

Beispiele für Baugrubengrößen in Abhängigkeit des Nenndurchmessers DN sind im Arbeitsblatt DWA-A 125 /U3/ gegeben. Danach kann unter der Annahme von DN 800 die Mindest-Abmessung der Startgrube mit ca. 5,8 m x 4,0 m und die die Mindest-Abmessung der Zielgrube mit ca. 4,5 m x (2,5 m bis 3,0 m) angenommen werden.

Planungsseitig betragen die Grundriss - Abmessungen gemäß /U18/:

- Startgrube (Pressgrube) 20 m x 4 m
- Zielgrube 8 m x 4 m

Es werden aus oben genannten Gründen dichte Spundwandkästen empfohlen.

Im Aufschluss Q046 wurde bis 7,0 m unter OKG breiiger bis weicher bindiger Boden angetroffen, der in Hinblick auf die Einbindung der Spundwände als nicht tragfähig angesehen wird. Die Spundwände müssen demnach in die darunter ab ca. 13,0 bis 14,0 m u. OKG (siehe Querung 10) anstehenden eng gestuften pleistozänen Sanden eingebunden werden. Im Aufschluss von Q037 der Querung 10 wurden die pleistozänen Sande bis 18,0 m u. OKG erkundet.

Die für eine Pressgrube notwendige horizontale Steifigkeit zur Aufnahme der notwendigen Vortriebskraft im Pressenwiderlager/Widerlagerwand wird nicht ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht, da der Boden hinter der Widerlagerwand als breiig bis weich angenommen werden muss. Wie in Tabelle 6 angegeben, wird die Steifigkeit der geologischen Einheit 1 und 2 mit $E_s = 0-2 \text{ MN/m}^2$ eingestuft. Nach dem in /U15/ angegebenen Diagramm (nach SIA 195) zur Vordimensionierung des Pressenwiderlagers, werden unter Annahme einer Steifezahl $E_s = 2,0 \text{ MN/m}^2$, einer Grubentiefe h von 4,0 m und einer Breite b_{wid} des Widerlagers von 3,0 m eine maximale Vortriebskraft in der Größenordnung von ca. 500 kN erreicht. Eine genaue Berechnung der zulässigen Vortriebskraft ist nach DIN 4085:2017-08 möglich.

Maßnahmen zur Erhöhung der zulässigen Vortriebskraft sind erforderlich. Eine Möglichkeit wäre die konstruktive Aussteifung des Spundwandkastens durch weitere quer zum Spundwandkasten angeordnete Spundbohlen bzw. die Erhöhung der Scherfestigkeit des Bodens hinter der Widerlagerwand. Eine weitere Möglichkeit wären die Anordnung von horizontalen oder schwach geneigten pfahlähnlichen Elementen hinter der Widerlagerwand.

Eine Möglichkeit zur Vermeidung der Notwendigkeit eines Pressenwiderlagers wäre die Horizontalramme (DWA-A 125 Abschnitt 6.1.2.2.1), aber in diesem Fall ist zwar keine vertikale Widerlagerwand notwendig, aber die entstehenden Kräfte müssen dann über die Baugrubensohle abgetragen werden.

Infolge des hydrostatischen Wasserdrucks von ca. 4,0 m bzw. ca. 0,40 bar in ca. 4,0 m Tiefe unter OKG wird empfohlen die Seite der Grube an der eingefahren wird mit einer sogenannten Brillenwand abzudichten. Zusätzlich sollte der breiig bis weiche Boden im Einfahrbereich hinter

der Brillenwand ggf. verbessert bzw. die Scherfestigkeit erhöht werden, um ein Ausfließen zu erschweren. Nach Starkregenereignissen kann der Wasserdruck auch höher liegen.

7.4.2 Baugrubensohle und Wasserhaltungsmaßnahmen

Um den Einfluss einer Grundwasserabsenkung lokal zu begrenzen wird empfohlen das Grundwasser nur innerhalb des dichten Spundwandkastens abzusenken. Aufgrund der setzungsempfindlichen Schichten (geologische Einheit 1 bis 3) unter der Verbindungsstraße K49 ist großräumige Wasserhaltung zu vermeiden.

Dazu sind innerhalb der Spundwandkästen der Press- und Zielgruben geeignete Sohlstabilisierungs- und Entwässerungsmaßnahmen vorzusehen.

Während der Baugrunderkundung am 30.03. wurde das Grundwasser in Aufschlusspunkt Q046 bei -1,40 m NHN und in Aufschlusspunkt Q047 bei -0,34 m NHN angeschnitten. Nach U3/ kann das Grundwasser auch zeitweilig zwischen OKG und 0,8 m unter OKG angetroffen werden (ca. 0,10 m NHN bis -0,7 m NHN).

Zur Sohlstabilisierung wird angesichts der Baugrubensohl-Lage in ca. 3,5 – 4,0 m unter OKG im Teufenbereich der weichen bis breiigen Kleiböden der Einbau von ca. 20 - 30 cm Einkornkies (zum Beispiel \varnothing 45 - 63 mm) in Vorschüttbauweise empfohlen.

Darüber sollte eine $\geq 0,5$ m dicke Auflastfilter-Kiesschicht (GW/GI) mit Pumpensumpfausbau (zum Beispiel aus perforierten Brunnenschachtringen \varnothing 1,0 m) und Entwässerung zur Vorflut vorgesehen werden. Ergänzend können KleinfILTERbrunnen, bestehend aus Filterlanzen 2" bis 2½" (DN 50...65) mit filterstabiler Feinkies-Sandummantelung (0-4 mm) in 5"-Bohrlöchern (DN 125) vorgesehen werden, die außen im Abstand von ca. 1 m um die Start- und Zielgruben-Spundwände herum bei ca. 2 – 3 m Filterlanzen-Abstand angeordnet werden. Der trichterförmig um die Filterlanzen entstehende Unterdruck saugt das Wasser aus dem Boden und leitet es zu einer Vakuum-Baupumpe, von wo es über die Wasserpumpe abgeführt wird.

Von einer Düsenstrahlsohle durch Injektion von Zementsuspension in den geologischen Einheiten 1 (Klei), 3 (Mudde) und insbesondere 2 (Torf) wird abgeraten, da die Zementreaktion durch die in organischen Böden enthaltenen Huminsäuren behindert wird.

Alternativ kann nach Aushub des Bodens und Sohlstabilisierung durch ca. 20 - 30 cm Einkornkies (zum Beispiel \varnothing 45 - 63 mm), eine Unterwasserbetonsohle als Trag- und Sperrschicht hergestellt werden, um einen Wideranstieg des Wassers nach dem Leerpumpen zu verhindern. Die Mächtigkeit der Unterwasserbetonsohle (WU-Sohle) muss den statischen Erfordernissen während der Pressarbeiten entsprechen. Ggf. kann die WU-Sohle mit dem Spundwandkasten verankert werden. Das Einbringen von pastösen Stoffen muss bei der unteren Wasserbehörde angezeigt werden.

In die Unterwasserbetonsohle (WU-Sohle) sollten sowohl bei der Press- als auch der Zielgrube jeweils Brunnenschachtringe (zum Beispiel \varnothing 1,0 m) als Pumpensümpfe mit Entwässerung zur Vorflut integriert werden, um eine Entspannung gegen hydraulische Drücke zu bewirken.

Der Widerstand gegen hydraulische Drücke sowie die Tragfähigkeit der Baugrubensohle muss nachgewiesen werden. Die geologischen Einheiten 1, 2 und 3 sind ohne weitere Maßnahmen nicht tragfähig. Bei der Auswahl der Spundwände und der Entwässerungs- bzw. Abdichtungsverfahren der Baugrubensohle ist hydrostatisches Grundwasser zu berücksichtigen.

7.4.3 Bodenaushub (Lösbarkeit und Wiederverwendbarkeit)

Für die Erschließung der Start- und Zielgrube müssen folgende Aushubmaterialien ausgebaut, gelagert, widereingebaut bzw. entsorgt werden:

- Kulturboden (geologische Einheit 0)
- Klei (geologische Einheit 1)
- Torf (geologische Einheit 2)
- Mudde (geologische Einheit 3)

Der Kulturboden ist separat zu lagern, vor Verdichtung und Austrocknung zu schützen und wird nach Beendigung der Bauarbeiten wieder als Kulturboden aufgebracht.

In jedem Fall müssen die geologischen Einheiten 1 bis 3 vor ihrer Verwertung auf Grundlage der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) geprüft werden. Auf Grundlage des Organikgehalts wird der Klei, die Mudde und der Torf nach LAGA in Z2 eingestuft und darf auf dieser Grundlage eigentlich nicht wiederverwendet werden. Es wird empfohlen schon vor Beginn der Baumaßnahme mit den zuständigen Behörden zu sprechen, um eine Lösung zur Verwertung zu erarbeiten. Liegt der TOC-Wert (Total Organic Content) oberhalb des entsprechenden Zuordnungswertes, muss das Bodenmaterial nicht zwangsläufig beseitigt werden. Häufig kann und sollte es unter bestimmten Bedingungen verwertet bzw. wiederverwendet werden. Die LAGA M20 sieht in solchen Fällen eine Einzelfallprüfung vor.

Hinsichtlich Lösbarkeit bzw. hinsichtlich der gewerkspezifischen ATV DIN 18300:2019-09 wird die geologische Einheit 0 dem Homogenbereich HBE 0, die geologische Einheit 1 dem Homogenbereich HBE 1, die geologische Einheit 2 dem Homogenbereich HBE 3 und die geologische Einheit 3 dem Homogenbereich HBE 2 zugewiesen. Die Bandbreiten der Bodenparameter der Homogenbereiche HBE 0 bis 3 sind im Basisstreckenbericht /U1/ enthalten.

7.4.4 Baugrubenverfüllung

Zunächst wird darauf hingewiesen, dass die geologischen Einheiten 1 (Klei), 2 (Torf) und 3 (Mudde) nicht bis nur gering, in jedem Falle ‚unzureichend‘ verdichtbar sind. Mit nachträglichen Setzungen und Sackungen wäre zu rechnen. Sollten während der Aushubmaßnahmen tatsächlich Torfe angetroffen werden, sind diese generell unmittelbar nach dem Aushub auszusondern und dürfen nicht mit in die Haufwerke B oder C gelangen.

Im Hinblick auf die angestrebte setzungs- und verformungsarme Verfüllung der dem Verkehrsdamm der betreffenden Landstraße (Nebenstraße Klein Kampen) relativ nahe liegenden Press- und Zielgruben sollten für die Haupt-Verfüllung bis zur Ebene von 0,60 m unter OKG verdichtungsfähige, nichtbindige Mineralbaustoffe aus

- weit- bis intermittierend gestuften, sandigen Kiesen bzw. Brechkornmischungen (Hartsteinschottern) der Bodengruppen [GW/GI] nach DIN 18196:2011-05 in den empfohlenen Sieblinienbereichen nach ZTVT StB95/2002 der Körnung 0/32...0/45

vorgesehen werden.

Alternativ zu dieser Haupt-Verfüllung der Baugruben mit nichtbindigen Mineralbaustoffen kann auch der Einbau von bindemittelstabilisiertem Aushubboden aus dem Haufwerk C bis zur Ebene von 0,60 m unter OKG erfolgen.

Als geeignete Stabilisierungsmethode wird in Anbetracht der im Haufwerk C gelagerten feinkörnigen Klei- und Muddeböden eine

- Stabilisierung mit Mischbindemitteln als Kombination aus genormten hydraulischen Bindemitteln (z.B. CEM I, II, III) und Baukalken (z.B. CL 90, CL 80, DL 85, DL 80)

erachtet. Von einer reinen Kalkstabilisierung ist aus umwelt- und gesundheitsrelevanten Gesichtspunkten in Anbetracht der Nähe der Baumaßnahmen zu urbanen Siedlungsgebieten abzuraten.

Weitere Details zu den hierzu erforderlichen Eignungsprüfungen zur Ermittlung der optimalen Bindemittelart und -menge sind dem Geotechnischen Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, Abschnitt 5.5.2.2, FUGRO Germany Land GmbH /U1/ zu entnehmen.

Mit diesen standsicheren und verformungsarmen Verfüllmaßnahmen wird sichergestellt, daß die Verkehrsdammschultern nicht horizontal deformieren und keine Böschungsbruchgefährdungen provoziert werden.

Alle diesbezüglichen Wiederverfüllmaßnahmen sind in Schichtlagen von jeweils ca. 30 cm durchzuführen und lagenweise auf einen Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100\%$ mit geeigneten Verdichtungsgeräten zu verdichten.

Lediglich im geländeoberflächennahen Abschluß können bindige Böden des Haufwerkes B (weich- bis steifkonsistente Kleiböden der geologischen Einheit 1 – HBE 1) von $t = 0,60 - 0,30$ m unter OKG und nachfolgend der Mutterboden des Haufwerkes A (geologische Einheit 0 – HBE 0) bis zur Geländeoberkante eingebaut werden, da die Press- und Zielgruben zwar in Verkehrsdammnähe liegen, jedoch bereits in den jeweiligen Randbereichen der Agrarflächen.

8. Bemerkungen

Die durchgeführten geotechnischen Felduntersuchungen haben verfahrensbedingt einen stichprobenartigen Charakter. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt. Sollten sich im Verlauf der weitergehenden Bauarbeiten die Bodenverhältnisse örtlich anders darstellen als bis dato erkundet bzw. Unklarheit bestehen, so ist ein Mitarbeiter Firma Fugro bezüglich der im vorliegenden Gutachten ausgearbeiteten Bewertungen und Empfehlungen hinzuzuziehen.

Für den Aushub und die Verwertung bzw. Entsorgung der anstehenden Böden ist es in Vorfeld der Baumaßnahme erforderlich ein Entsorgungskonzept mit der zuständigen Abfallbehörde abzustimmen.

Die richtige Verwendung der bodenmechanischen Kennwerte sowie deren Überprüfung vor Ort obliegt den mit der Planung und Durchführung betrauten Fachingenieuren und Planern unter entsprechender Würdigung und Interpretation aller Belange zur geplanten Bauausführung und der angetroffenen geologischen und hydrologischen Verhältnisse.

Anlage A

Aufschlussdokumentation

- A.0 Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole**
- A.1 Aufschlussdokumentation**
 - A.1.1 Bohrprofile
 - A.1.2 Drucksondierungsprofile
- A.2 Geologischer Schnitt**

Anlage A.0

Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole

A0 Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole nach DIN 14688, DIN 4023 und DIN 18196

Symbole für Lockergestein

	Ton
	Schluff
	Sand
	Feinsand
	Mittelsand
	Grobsand
	Kies
	Feinkies
	Mittelkies
	Grobkies
	Steine
	Geröll
	Lehm
	Torf
	Aufschüttung
	Mutterboden
	Geschiebelehm
	Geschiebemergel
	Klei
	Mudde

Konsistenz / Lagerungsdichte

	breiig
	sehr weich / weich
	steif
	halbfest
	sehr locker / locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht
	nass

Laborergebnisse

×	Wassergehalt
○	Ausrollgrenze
●	Fließgrenze
○ ^{Pl} ●	Plastizitätsindex
△	Feinanteil
☒	Kalkgehalt
■	Organischer Anteil

undrÄnierte Scherfestigkeit

△	Pocket penetrometer
○	Torvane
●	UU-triaxial

Grundwasser

	Grundwasserspiegel (angebohrt)
	Grundwasserspiegel (Ruhe)

Drucksondierung

	undrÄnierte Scherfestigkeit [kPa] (Nk=20)
	undrÄnierte Scherfestigkeit [kPa] (Nk=15)
	relative Lagerungsdichte [%] (K0=1)
	relative Lagerungsdichte [%] (K0=0,5)

Standard Penetration Test

x/x/x	Schlagzahl für 45 cm Eindringtiefe
x/x(x)	Abbruch - Schlagzahl (Eindringtiefe in cm)
R	Abbruch
i	ungültiger Test

	Bodenklasse nach DIN 18196
	Baugrundmodell / Schichtfolge

Anlage A.1

Aufschlussdokumentation

Anlage A.1.1

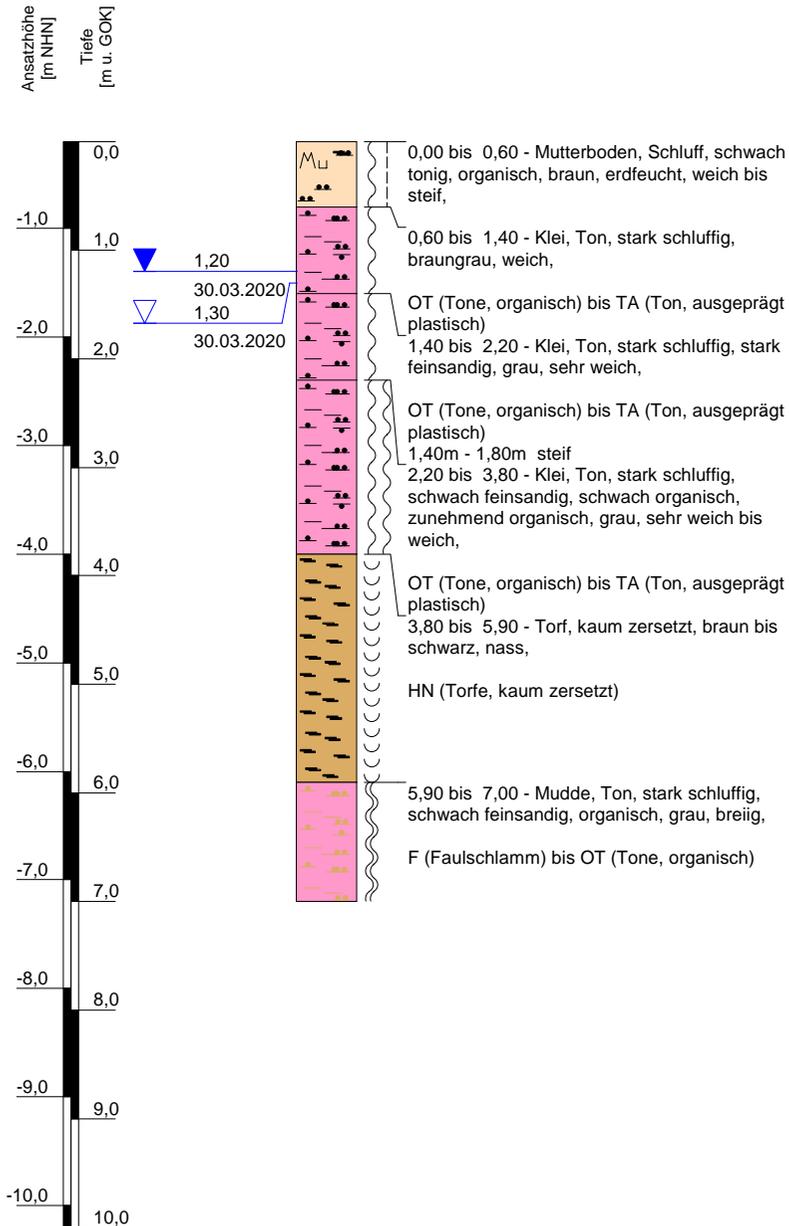
Bohrungen,

Rammkernsondierungen und

Leichte/Schwere

Rammsondierung

Rammkernsondierung Q046



0,60		HBE-0			
	HBR-2	HBE-1	HBB-2	HBNB-2	HBHD-2
1,40	HBR-2	HBE-1	HBB-2	HBNB-2	HBHD-2
1,80	HBR-2	HBE-1	HBB-2	HBNB-2	HBHD-2
2,20	HBR-1	HBE-1	HBB-1	HBNB-1	HBHD-1
	HBR-2	HBE-1	HBB-2	HBNB-2	HBHD-2
3,80					
	HBR-O2	HBE-3	HBB-O2	HBNB-O2	HBHD-O2
5,90					
	HBR-1	HBE-2	HBB-1	HBNB-1	HBHD-1
7,00					

Legende:

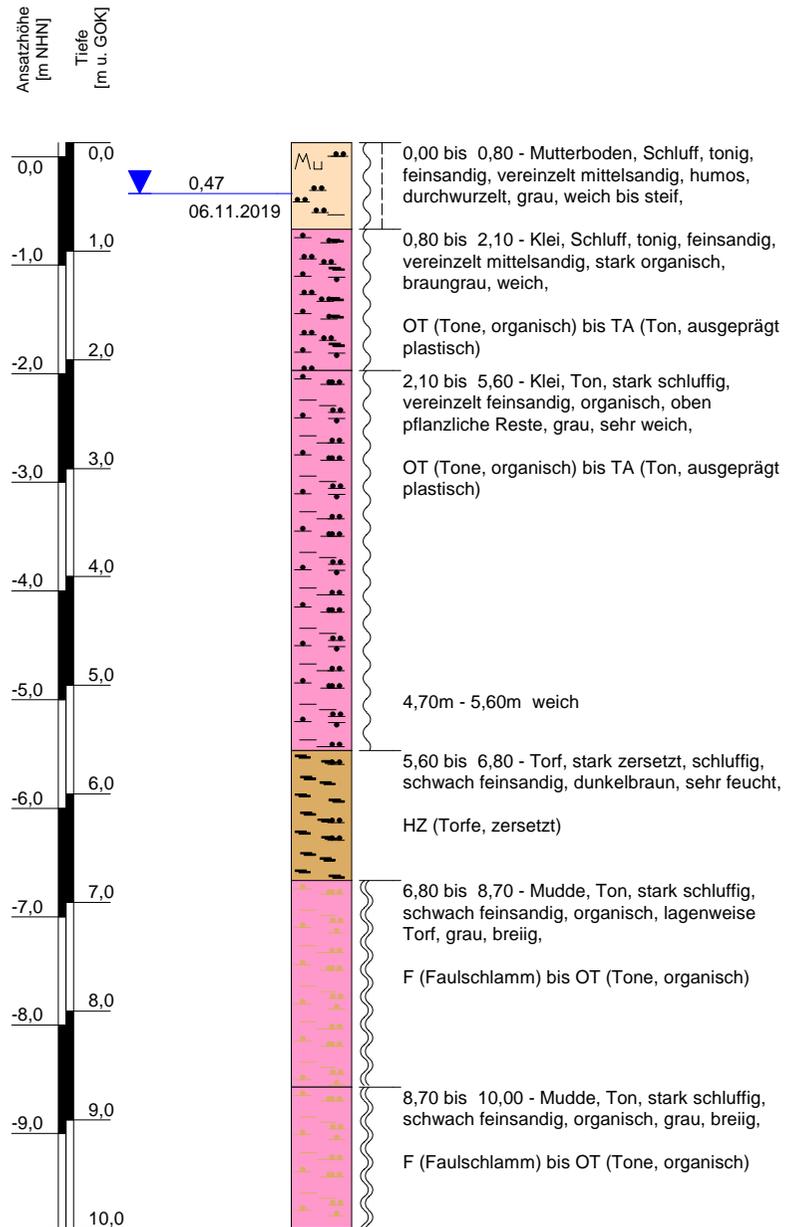
- HBR Homogenbereich Pfahlvortrieb HBNB Homogenbereich Nassbaggerarbeiten
- HBB Homogenbereich Bohrarbeiten HBHD Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
- HBE Homogenbereich Erdarbeiten

Höhenmaßstab: 1:70

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"	
Lokation: Q046	Rechtswert: 525750
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Hochwert: 5971625
Projektnummer: 362-19-016	Ansatzhöhe: -0,20 m NHN
Sondierdatum: 30.03.2020	Endtiefe: 7,00 m u. GOK



Rammkernsondierung Q047



0,00		HBE-0			
0,80					
2,10	HBR-2	HBE-1	HBB-2	HBNB-2	HBHD-2
4,70					
5,60	HBR-1	HBE-1	HBB-1	HBNB-1	HBHD-1
6,80					
8,70	HBR-1	HBE-2	HBB-1	HBNB-1	HBHD-1
10,00					

Legende:

- HBR Homogenbereich Pfahlvortrieb HBNB Homogenbereich Nassbaggerarbeiten
- HBB Homogenbereich Bohrarbeiten HBHD Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
- HBE Homogenbereich Erdarbeiten

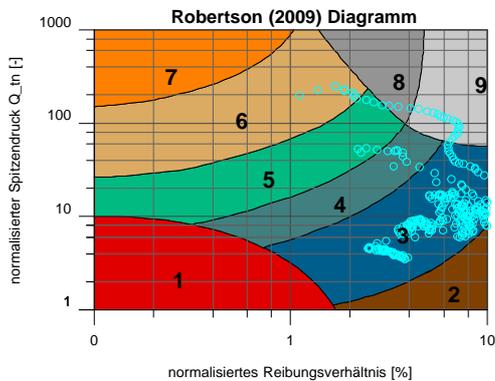
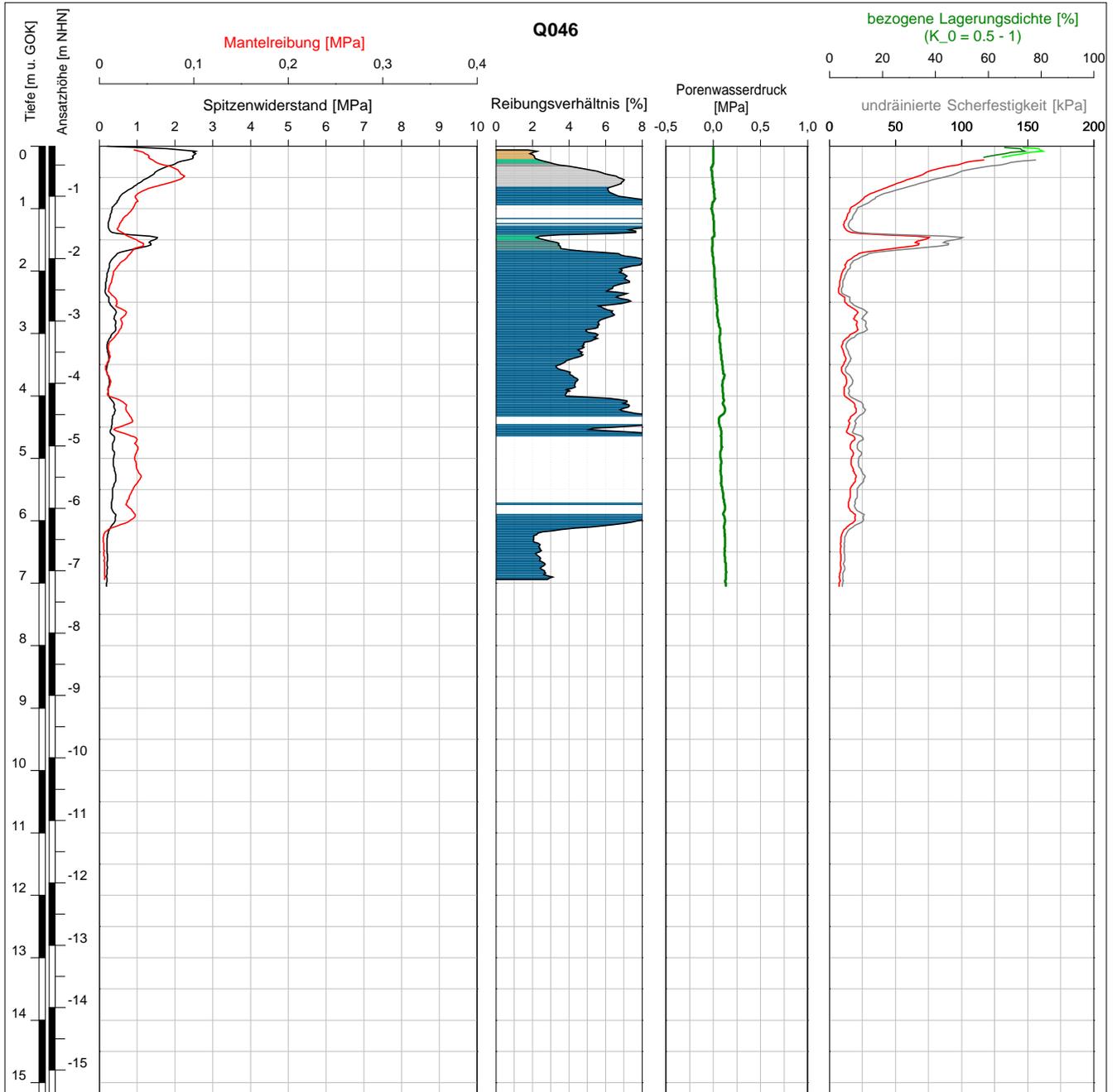
Höhenmaßstab: 1:70

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"	
Lokation: Q047	Rechtswert: 525792
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Hochwert: 5971625
Projektnummer: 362-19-016	Ansatzhöhe: 0,13 m NHN
Sondierdatum: 06.11.2019	Endtiefe: 10,00 m u. GOK



Anlage A.1.2

Drucksondierungen



Legende (Farbgebung im Robertson (2009) Diagramm)

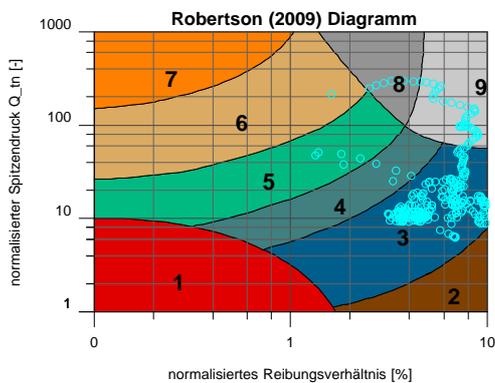
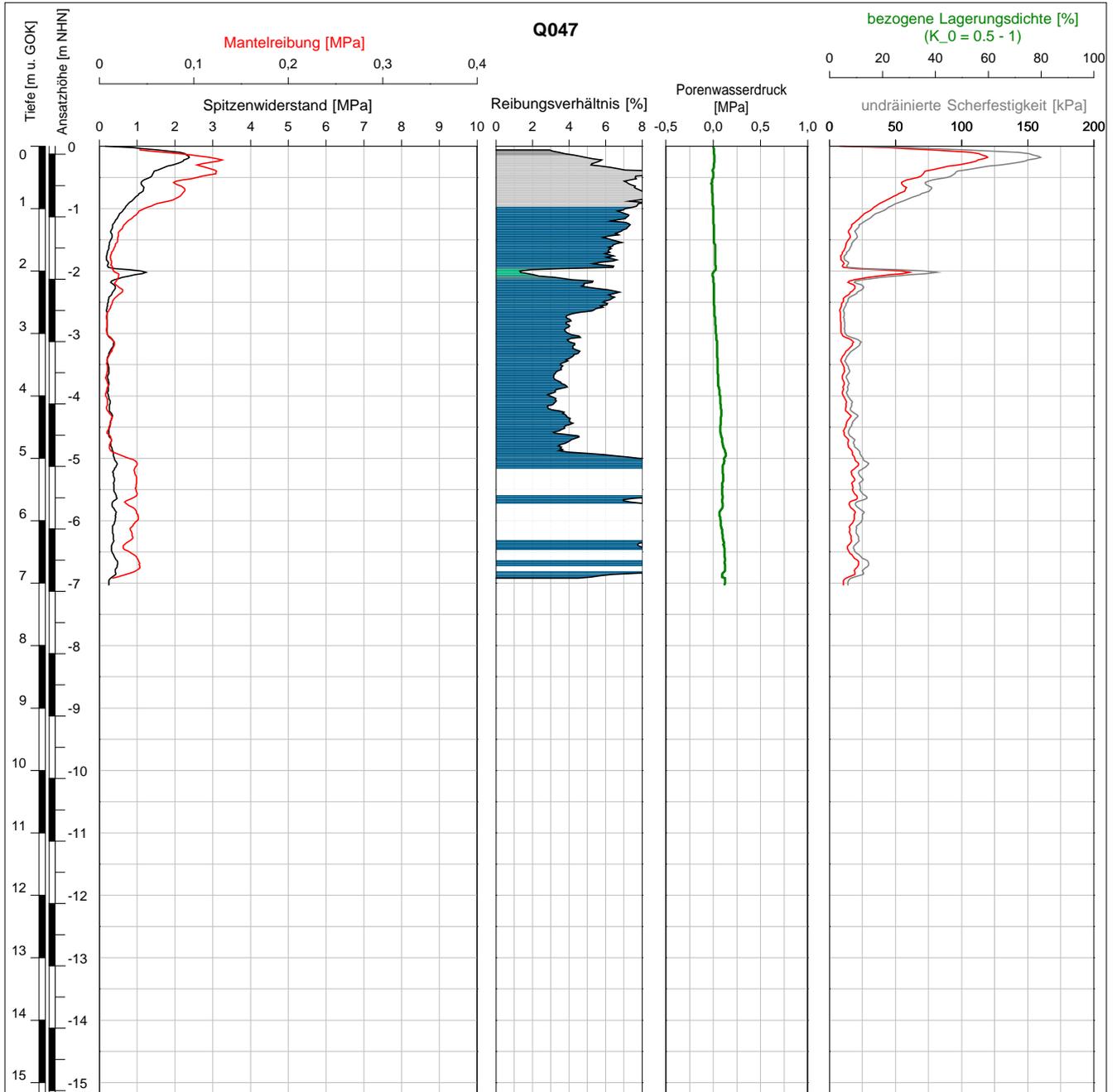
- 1 empfindlicher, feinkörniger Boden
- 2 organischer Boden - TORF
- 3 TON - Ton bis schluffiger Ton
- 4 Schluffgemische - toniger SCHLUFF bis schluffiger TON
- 5 Sandgemische - schluffiger SAND bis sandiger SCHLUFF
- 6 SAND - reiner SAND bis schluffiger SAND
- 7 SAND - dichter Sand bis kieseliger Sand
- 8 sehr steifer sandiger TON bis toniger SAND*
- 9 sehr steifer feinkörniger Boden*

*überkonsolidiert oder zementiert

Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"		
Bohrung: Q046		
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Rechtswert: 525750 m	
Bohrfirma: Fugro Germany Land GmbH	Hochwert: 5971625 m	
Bearbeiter: N.Güdel	Ansatzhöhe: -0,20 m NHN	
Datum: 29.04.2020	Endtiefe: 7,00 m u. GOK	



Legende (Farbgebung im Robertson (2009) Diagramm)

- 1 empfindlicher, feinkörniger Boden
- 2 organischer Boden - TORF
- 3 TON - Ton bis schluffiger Ton
- 4 Schluffgemische - toniger SCHLUFF bis schluffiger TON
- 5 Sandgemische - schluffiger SAND bis sandiger SCHLUFF
- 6 SAND - reiner SAND bis schluffiger SAND
- 7 SAND - dichter Sand bis kieseliger Sand
- 8 sehr steifer sandiger TON bis toniger SAND*
- 9 sehr steifer feinkörniger Boden*

*überkonsolidiert oder zementiert

Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

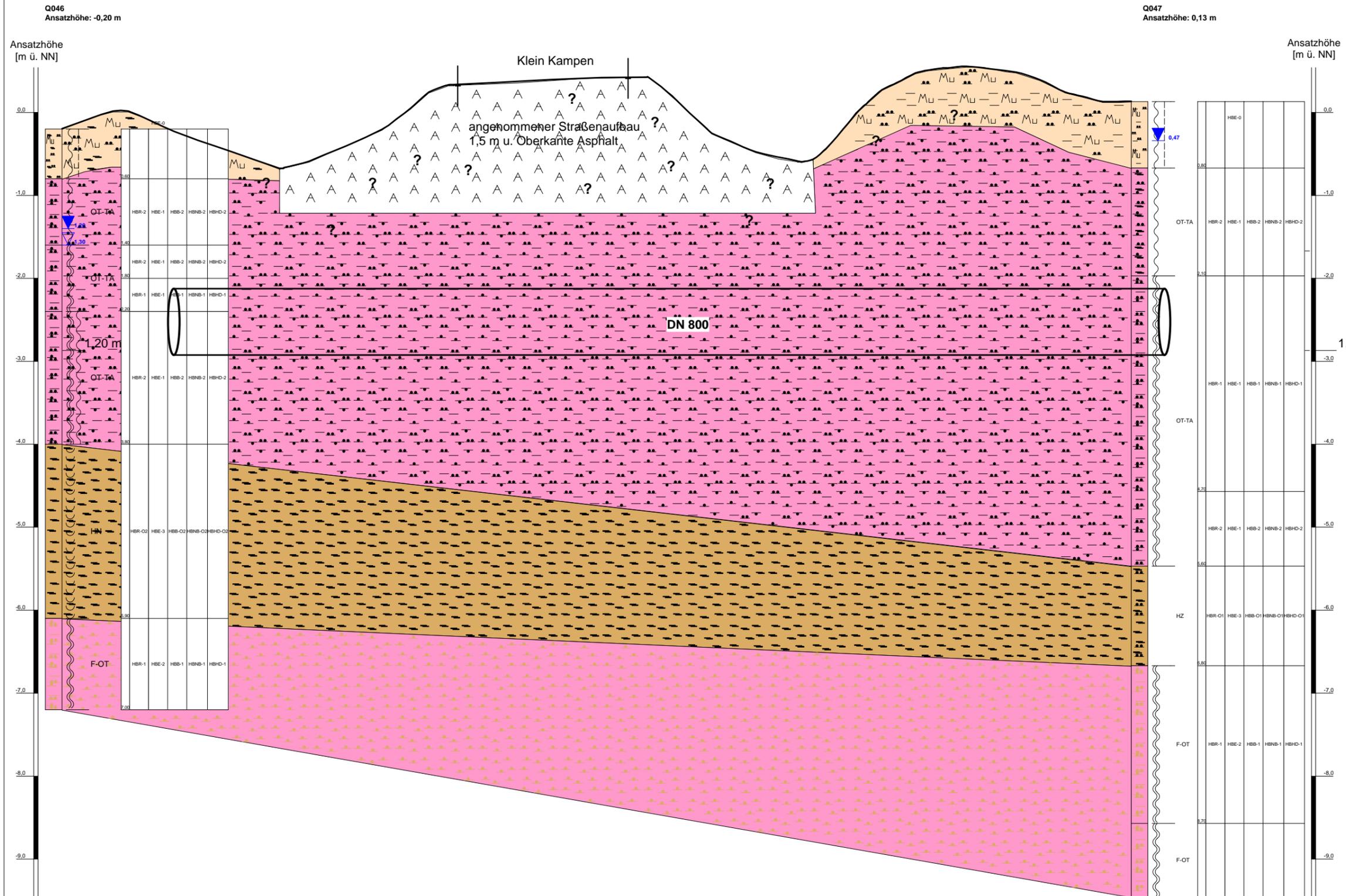
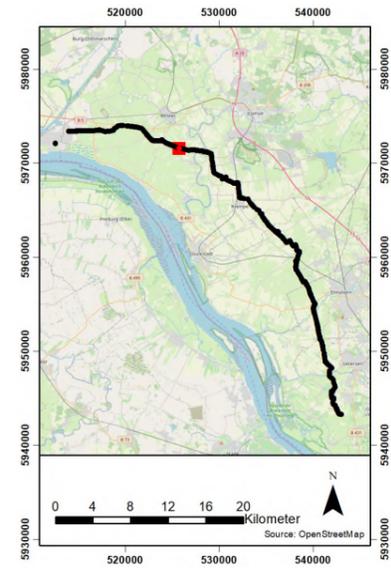
Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"		
Bohrung: Q047		
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Rechtswert: 525792 m	
Bohrfirma: Fugro Germany Land GmbH	Hochwert: 5971625 m	
Bearbeiter: N.Güdel	Ansatzhöhe: 0,13 m NHN	
Datum: 29.04.2020	Endtiefe: 7,00 m u. GOK	

Anlage A.2

Profilschnitt

Geologischer Schnitt - Homogenbereiche

- Geografische Lage der Bohrpunkte -
 - Angabe GK-Koordinaten -



Revision:	Objekt:
02	Pressung-04
Projekt:	
Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen	
Auftraggeber:	
gasunite	

Legende:

HBR	Homogenbereich Pfahlvortrieb
HBE	Homogenbereich Erdarbeiten
HBB	Homogenbereich Bohrarbeiten
HBHD	Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
HBND	Homogenbereich Nassbaggerarbeiten

* aus "180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx" vom 10.03.2021, GME

Die Höhen- und Tiefenangaben von eventuellen Gräben, Straßen- und Bahnaufbauten, sowie die Geländeoberfläche, basieren auf den zu dem Zeitpunkt zur Verfügung gestellten Informationen („ETL180_Vermessungspunkte_201218.dxf“ vom 19.03.2021, GME). Bei der Ausführung der Querungsarbeiten müssen aktuelle Höhen- und Tiefenwerte berücksichtigt werden, falls Abweichungen vorliegen.